

# **AUTOREFERAT**

**przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych**

**dr inż. Maciej Pach**

**Zakład Szczegółowej Hodowli Lasu**

**Instytut Ekologii i Hodowli Lasu**

**Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie**

**Kraków, kwiecień 2016**

## 1. Imię i nazwisko: **Maciej Pach**

## 2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe:

2.1. studia: Leśnictwo (1984-1990); dyplom: magister inżynier leśnictwa

Wydział Leśny Akademii Rolniczej w Krakowie

2.2. doktorat: dyplom 2001: doktor nauk leśnych w zakresie leśnictwa, specjalność - hodowla lasu; Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Tytuł pracy doktorskiej: *"Ocena wpływu spalowania powodowanego przez jeleniowate na wybrane cechy ilościowe i jakościowe jodły w fazie podrostu i żerdziowiny na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Krynicy"*

## 3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu:

3.1. **1991 - 2000** - Katedra Szczegółowej Hodowli Lasu, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, stanowisko - asystent

3.2. **2000 - 2001** - Katedra Szczegółowej Hodowli Lasu, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, stanowisko - wykładowca

3.3. **2001 - 2013** - Katedra Szczegółowej Hodowli Lasu, Akademia Rolnicza/ Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, stanowisko - adiunkt

3.4. od **2013** - Katedra Szczegółowej Hodowli Lasu/Zakład Szczegółowej Hodowli Lasu, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, stanowisko - asystent

**4. Wskazanie osiągnięcia\* wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65, poz. 595 z późn. zm.):**

a) tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego:

**Modelowanie przyrostu pierśnicowego pola przekroju jodły w młodych i średniowiekowych drzewostanach jodłowych z udziałem buka i świerka na terenie polskiej części Karpat**

b) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa):

**Pach M. 2016. Modelowanie przyrostu pierśnicowego pola przekroju jodły w młodych i średniowiekowych drzewostanach jodłowych z udziałem buka i świerka na terenie polskiej części Karpat. Zesz. Nauk. UR w Krakowie nr 532, ser. Rozprawy, z. 409, Wyd. UR w Krakowie.**

c) omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

Wstęp i cel pracy

Pod koniec XX wieku nastąpił istotny zwrot od gospodarki leśnej skoncentrowanej na drzewostanach jednogatunkowych i jednowiekowych o prostej budowie, dostarczających głównie surowca drzewnego w możliwie krótkim horyzoncie czasowym, w kierunku gospodarki zrównoważonej, z ograniczoną interwencją człowieka, kształtującej lasy bardziej zróżnicowane pod względem gatunkowym, budowy i struktury, o większych możliwościach adaptacyjnych oraz spełniających liczne funkcje pozaprodukcyjne, nabierające aktualnie coraz większego znaczenia. W obliczu zmieniających się potrzeb społeczeństw oraz warunków środowiska szczególne miejsce w badaniach zaczęły zajmować rozważania na temat hodowli i ekologii lasów o zróżnicowanym składzie gatunkowym, aspektów ekonomicznych związanych z ich produktywnością oraz funkcjonalności zróżnicowania gatunkowego. Drzewostany mieszane zaczęły być promowane w Europie jako te, które lepiej mogą dostosowywać się do zmieniających się warunków otoczenia, co ma szczególne znaczenie w przypadku przewidywanych zmian klimatu. Według wielu autorów uzupełnianie się nisz ekologicznych wraz z pozytywnym oddziaływaniem gatunków na siebie w drzewostanach wielogatunkowych prowadzi często do większego tempa produkcji nadziemnej i podziemnej biomasy oraz wzrostu pochłaniania węgla w porównaniu do drzewostanów jednogatunkowych. Mieszane kompozycje gatunkowe wykazują większą różnorodność biologiczną, komplementarnie wykorzystują zasoby środowiska zarówno w strefie nadziemnej jak i podziemnej, wpływają na właściwości siedliska (gleb), redukują

---

\* w przypadku, gdy osiągnięciem tym jest praca / prace wspólne, należy przedstawić oświadczenia wszystkich jej współautorów, określające indywidualny wkład każdego z nich w jej powstanie

wpływ ekstremalnych zjawisk klimatycznych, cechują się większą odpornością, również na zmiany klimatyczne, stabilnością i rezyliencją, podlegają mniejszemu zagrożeniu ze strony pożarów oraz mogą spełniać wiele funkcji społeczno-środowiskowych.

W miarę przechodzenia gospodarki leśnej w stronę leśnictwa bliskiego naturze opartego na zasadach zrównoważonego rozwoju w otoczeniu zmieniających się warunków środowiska, wystąpiła potrzeba opracowania modeli wzrostu, bądź to pojedynczych drzew w ramach drzewostanów mieszanych, bądź całych drzewostanów zróżnicowanych gatunkowo i strukturalnie, uwzględniających koegzystencję w czasie i przestrzeni różnych gatunków drzew obok siebie wraz z ich wzajemnymi interakcjami, gdyż dotychczasowe wzorce oparte były na stosunkowo prostych układach drzewostanów jednogatunkowych i jednowiekowych. Stosowanie w drzewostanach mieszanych algorytmów wzrostu opracowanych w monokulturach, które nie uwzględniają specyficznych interakcji międzygatunkowych, może przyczynić się do błędnej predykcji cech poszczególnych gatunków drzew i uzyskania nierzeczywistych wartości wyjściowych. W celu sporządzenia i sparametryzowania takich nowych modeli konieczna jest wiedza na temat wzrostu i rozwoju poszczególnych gatunków drzew w środowisku lasu mieszanego, gdzie dodatkowym czynnikiem modyfikującym ich zachowanie oraz ich reakcje na czynniki środowiska, są wzajemne relacje międzygatunkowe. Modele wzrostu drzew i drzewostanów, będące odzwierciedleniem dynamiki procesów zachodzących w ekosystemie leśnym za pomocą technik komputerowych, stanowią coraz częściej nieodzowne narzędzie wsparcia decyzyjnego w praktyce gospodarstwa leśnego m.in. w urządzaniu, hodowli, użytkowaniu lasu czy ekonomice leśnej. Odpowiednio przygotowane i symulowane dane, dotyczące zarówno obecnych zasobów leśnych oraz ich przyszłych prognozowanych zmian w wyniku zastosowania alternatywnych wariantów gospodarowania z uwzględnieniem zmieniających się warunków środowiskowych i występujących zagrożeń abiotycznych i biotycznych, są podstawą planowania i podejmowania właściwych decyzji dotyczących zabiegów gospodarczych (np. wariant cięć trzebieżowych czy odnowieniowych, optymalizacja zabiegów hodowlanych) oraz dają możliwość przeprowadzania eksperymentów naukowych związanych z gospodarką leśną, uwzględniających dużo większą liczbę źródeł zmienności, których w przypadku badań terenowych nie dałoby się zrealizować ze względu na ograniczone możliwości organizacyjne oraz ich czaso- i kosztochłonność. Wzorce takie składają się najczęściej z wielu modułów dotyczących m.in. śmiertelności, odnowienia, zabiegów pielęgnacyjnych (trzebieże) czy cięć odnowieniowych itp. Modelowanie przyrostu pierśnicy lub pierśnicowego pola przekroju jest jednym z podstawowych komponentów modeli pojedynczego drzewa, będącym podstawą do przewidywania pozostałych cech drzew czy drzewostanów (miąższość drzew/pni, zasobność/zapas drzewostanów, biomasa, dorost, śmiertelność itp.). Skupienie się w takim przypadku na indywidualnym drzewie, w odróżnieniu od modelowania na poziomie całego drzewostanu, pozwala na rozpatrywanie lasu jako heterogenicznej mozaiki pojedynczych, zróżnicowanych między sobą okazów wraz z ich przestrzenną konfiguracją. Wobec tego przewidywany rozwój drzewostanu staje się wypadkową oddziaływań pomiędzy pojedynczymi osobnikami wchodzącymi w jego skład.

Gatunkiem, na którym skoncentrowano uwagę w niniejszej pracy była jodła pospolita (*Abies alba* Mill.), która należy do ważniejszych gatunków drzew leśnych występujących na terenie Polski. Całkowita powierzchnia jej występowania wynosi 281 tys. ha, co stanowi tylko 3,1% powierzchni leśnej kraju, natomiast jest jednym z głównych gatunków drzew rosnących

na terenie polskich gór, a zwłaszcza Karpat. W górach porasta ona głównie strefę regla dolnego oraz tereny pogórza, w zakresie wysokości od 500 m do 1100 m n.p.m., gdzie może tworzyć drzewostany lite na siedlisku lasu górskiego oraz mieszane ze świerkiem i bukiem na siedlisku lasu górskiego, lasu mieszanego górskiego, lasu wyżynnego i lasu mieszanego wyżynnego, również z sosną na tym ostatnim. Często konfiguracją gatunkową w reglu dolnym są drzewostany mieszane złożone z jodły, buka i świerka, które odznaczają się szczególną trwałością i stabilnością i często spotykane są również poza granicami Polski.

W związku z powyższym za główny cel pracy przyjęto opracowanie modelu przyrostu pierśnicowego pola przekroju jodły w młodych i średniowiekowych mieszanych drzewostanach z udziałem buka i świerka, występujących na terenach górskich i podgórskich Karpackiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej, uwzględniającego zakres i stopień oddziaływania drzew na siebie. Szczegółowymi celami badań było określenie: (1) rodzaju i intensywności wpływu świerka i buka, jako drzew konkurencyjnych, rosnących w otoczeniu jodły, na przyrost jej pierśnicowego pola przekroju; (2) optymalnej metody ustalania strefy oddziaływania konkurencyjnego drzew sąsiednich, które faktycznie mogą determinować przyrost pierśnicowego pola przekroju jodły oraz wielkości tej strefy; (3) wskaźnika wpływu, który najpełniej oddaje oddziaływanie pomiędzy drzewami w analizowanych drzewostanach zarówno z grona wskaźników przestrzennych jak i nieprzestrzennych; (4) okresu przyrostu pierśnicowego pola przekroju (5-cioletni lub 10-cioletni), dla którego otrzymany model cechuje się najwyższą zdolnością predykcji.

#### Założenia metodyczne

Prace badawcze zlokalizowano na terenie Mezuregionu Beskidu Śląskiego i Małego, Beskidu Żywieckiego, Beskidu Sądeckiego, Górnej Ropy, Pogórza Ciężkowicko-Dynowskiego oraz Pogórza Przemyskiego, Karpackiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej, obejmującej obszar 19,4 tys. km<sup>2</sup> (6% pow. kraju). Badaniami objęto 14 drzewostanów jodłowych z udziałem świerka i buka zlokalizowanych w sześciu nadleśnictwach Krośnieńskiej, Krakowskiej i Katowickiej Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych oraz w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy, w których założono stałe powierzchnie badawcze w latach 2004-2010. Typowanie drzewostanów do badań oparto na następujących kryteriach (1) dominującym gatunkiem w drzewostanie była jodła, oprócz której występowały również świerk i/lub buk jako gatunki współpanujące lub domieszkowe w możliwie jak najmniejszej formie zmieszania (jednostkowo); (2) drzewostan był zwarty, o dużym zagęszczeniu, gdyż w takich warunkach oddziaływania między drzewami powinny się ujawniać; (3) średni wiek drzewostanu był w przedziale od 25 lat do 60 lat; (4) ostatnie planowe zabiegi pielęgnacyjne zostały wykonane co najmniej 7 lat temu, na początku ostatniego 10-lecia; (5) drzewostan charakteryzował się mało zróżnicowaną budową pionową i strukturą wieku; (6) powierzchnia próbna była oddalona od przerw w drzewostanie (skraj, droga, polana, łąka, linia podziału powierzchniowego itp.) o co najmniej 20 m (jedną wysokość drzew panujących w drzewostanie). W każdym wytypowanym drzewostanie wyznaczono powierzchnię badawczą, której wielkość (od 0,1 do 0,345 ha) i kształt (kwadratowa, prostokątna, kołowa) zależał od fazy rozwojowej drzewostanu, jego zagęszczenia i zwarcia oraz od możliwości objęcia pomiarami terenowymi jednorodnego fragmentu drzewostanu. Na każdej powierzchni badawczej, wszystkie drzewa o pierśnicy  $\geq 7$

cm, podlegały szczegółowym pomiarom, włącznie z ich położeniem (współrzędne prostokątne i pionowa). Dodatkowo takimi samymi pomiarami objęto drzewa rosnące poza wytyczoną powierzchnią próbną, ale stykające się koronami z drzewami na powierzchni. Z każdego pnia pomierzonego drzewa pobrano po dwa nawierty świdrem przyrostowym Presslera od strony północnej i wschodniej z wysokości 1,3 m oraz w tych samych kierunkach pomierzono grubość kory. Łącznie ze wszystkich powierzchni próbnych pobrano 8378 nawiertów z 4189 drzew.

Prace kameralne skupiły się na opracowaniu liniowego modelu przyrostu pierśnicowego pola przekroju jodły w postaci złożonej i mieszanej, uwzględniającego zarówno efekty stałe jak i losowe (struktura stochastyczna modelu). Taka konstrukcja wzorca pozwala na wyeliminowanie możliwości wystąpienia autokorelacji przestrzennej i dzięki temu przyczynia się do skuteczniejszego wyjaśnienia różnych źródeł zmienności, prawidłowego wnioskowania statystycznego, poprawienia efektywności estymacji i w efekcie do bardziej realistycznych prognoz.

W niniejszej pracy zdecydowano się wykorzystać, jako cechę zależną, przyrost pierśnicowego pola przekroju jodły. Podyktowane to było tym, iż często w odniesieniu do zabiegów hodowlanych tj. trzebieże (naturalny wskaźnik zadrzewienia) czy cięcia rębne, operuje się pojęciem powierzchni pierśnicowego pola przekroju oraz faktem silniejszej korelacji tej cechy, według niektórych autorów, z przyrostem miąższości. Zmiennymi niezależnymi były natomiast efekty stałe i losowe. Do efektów stałych w modelu mieszanym zaliczono współczynniki zmiennych, mające bezpośredni wpływ na wartość zmiennej objaśnianej w całym jej zakresie i były nimi: (1) cechy jodły centralnej takie jak pierśnica (jej wartość kwadratowa lub logarytm naturalny), wiek, względna długość żywej korony, pole powierzchni rzutu korony; (2) wskaźniki oddziaływania drzew na siebie (wpływu); zastosowano łącznie 80 indeksów wpływu zarówno z grupy przestrzennych, uwzględniających wzajemną odległość między analizowanymi drzewami, jak i nieprzestrzennych, nieuwzględniających tej odległości w swojej konstrukcji; (3) cechy siedliska i ukształtowania terenu takie jak siedliskowy typ lasu, nachylenie, wystawa, wysokość n.p.m. danej powierzchni badawczej; (4) skład gatunkowy otoczenia jodły centralnej w każdym z przyjętych zasięgów konkurencji w postaci udziału pierśnicowego pola przekroju świerka (*P. abies*) i buka (*F. sylvatica*) w ogólnej wartości obliczonej dla danego zasięgu oddziaływania. Natomiast efektami losowymi były realizacje zmiennej losowej, której zmienność w populacji, a nie ich bezpośrednia ocena wartości, nas interesowała. W niniejszej pracy efektami losowymi były poszczególne drzewostany (14 powierzchni badawczych), w których wykonano pomiary terenowe. W celu określenia zasięgu oddziaływania otoczenia w stosunku do jodeł centralnych zastosowano 39 różnych wariantów klasyfikowania drzew sąsiednich jako konkurencyjnych. Opracowanie liniowego modelu mieszanego przyrostu pierśnicowego pola przekroju jodły oparto na średnich wartościach przyrostu w okresie 5 i 10 lat. Sposób wyboru modelu najlepiej opisującego dane empiryczne był dwustopniowy. W pierwszym etapie kierowano się wartościami kryteriów informacyjnych ( $AIC_c$ , BIC) oraz miarami REMLdev i logLik, aby wyodrębnić po jednym algorytmie dla każdego przyjętego zasięgu konkurencji, udziału gatunków towarzyszących (świerka i buka) wśród drzew konkurencyjnych, indeksu wpływu oraz atrybutów siedliska i jodły centralnej. W drugim etapie wybrano wzorzec, niezależnie od przyjętej metody

klasyfikowania drzew sąsiednich jako konkurencyjne, na podstawie wartości współczynnika zmienności resztowej oraz odchylenia standardowego składnika resztowego. W całej procedurze konstruowania modelu wykorzystano odpowiednie metody i testy do estymacji parametrów, określenia istotności efektów stałych i losowych, ewaluacji, diagnostyki oraz walidacji modelu.

### Wyniki i wnioski

Opracowano dziesięć modeli przyrostu pierśnicowego pola przekroju jodły dla okresu 5 i 10-letniego z uwzględnieniem indeksów przestrzennych i nieprzestrzennych oraz bez nich, wybranych na bazie różnych miar ewaluacji modelu. Wyjaśniona część zmienności przyrostu pierśnicowego pola przekroju analizowanych jodeł, w modelach wytypowanych na podstawie najniższej wartości współczynnika zmienności resztowej, wahała się od 69,1% dla modelu nieprzestrzennego bazującego na 5-letnim przyroście do 90,3% dla modelu przestrzennego sporządzonego na podstawie 10-letniego przyrostu. W przypadku zastosowania najniższej wartości odchylenia standardowego składnika resztowego jako kryterium wyboru najlepszego modelu, wyjaśniona część wariancji przyrostu kształtowała się w zakresie od 58,9% dla 10-letniego modelu przestrzennego do 73,0% dla modelu nieprzestrzennego opartego na 10-letnim przyroście. Wśród modeli skonstruowanych jedynie w oparciu o początkową pierśnicę jodły centralnej oraz jej względną długość korony i obliczonych dla wszystkich badanych jodeł, wyższe zdolności prognostyczne wykazał algorytm 10-letni, który wyjaśniał 64% zmienności przyrostu pierśnicowego pola przekroju jodeł centralnych niż model 5-letni z 50% udziałem wyjaśnionej zmienności.

W modelach tych głównymi zmiennymi objaśniającymi, mającymi największy wpływ na przyrost pierśnicowego pola przekroju, były pierśnica jodły na początku badanego okresu oraz jej względna długość korony. W prawie wszystkich algorytmach związek ten wykazywał charakter dodatni i był bardzo istotny. Można zaryzykować stwierdzenie, iż względna długość korony może stanowić substytut lokalnego oddziaływania konkurencyjnego na jodłę. Z pozostałych cech jodły centralnej pole powierzchni rzutu korony oraz wiek jodły na początku okresu były uwzględniane w konstrukcji modeli, ale żadna z nich nie okazała się istotnym predyktorem przyrostu.

Jedną ze zmiennych niezależnych włączanych do algorytmów w toku ich konstruowania był komponent określający charakter siedliska, w skład którego wchodził siedliskowy typ lasu, nachylenie i wystawa stoku oraz wysokość n.p.m. danej powierzchni badawczej. W wyniku procesu selekcji i ewaluacji sporządzonych modeli stwierdzono, że żadna z wyżej wymienionych cech nie została włączona do algorytmów jako istotna zmienna objaśniająca. Biorąc pod uwagę, iż przeważająca większość badanych drzewostanów wzrastała na siedlisku lasu górskiego należy sądzić, że opracowane modele mogą mieć zastosowanie jedynie w lasach jodłowych rosnących na takim siedlisku. W dalszej procedurze weryfikacyjnej należałoby przetestować opracowane modele i ewentualnie je zmodyfikować uwzględniając pozostałe typy siedliskowe lasu, na których występują drzewostany jodłowe.

Rezultaty przedstawianej pracy wskazują, iż gatunek drzewa zaklasyfikowanego jako konkurencyjne nie miał zasadniczo istotnego wpływu na przyrost pierśnicowego pola przekroju jodły w opracowanych modelach, za wyjątkiem jednego algorytmu sporządzonego dla okresu 10 lat. W modelu tym okazy oddziałujące na jodłę centralną zostały wybrane w

odległości uzależnionej od jej pierśnicy ( $0,15 \times D_{1,3} \times 100$  [cm]), w wyniku czego tylko blisko rosnące drzewa wpływały na przyrost pierśnicowego pola przekroju jodły centralnej. W tak zdefiniowanej strefie oddziaływania zmienna charakteryzująca udział buka w pierśnicowym polu przekroju drzew sąsiednich weszła w skład istotnych niezależnych komponentów opracowanego modelu. Otrzymane wyniki mogą być wskazówką w trakcie wykonywania cięć pielęgnacyjnych, zwłaszcza na etapie trzebieży wczesnych, w młodych i średniowiekowych drzewostanach jodłowych z udziałem buka, gdzie w pierwszej kolejności powinno się zwracać uwagę na buki bezpośrednio sąsiadujące z jodłami, które mogą negatywnie wpływać na ich wzrost.

Spośród wszystkich analizowanych przestrzennych wskaźników wpływu (62) najlepsze właściwości predykcyjne ujawniły się w przypadku indeksu PK3 wyrażającego sumę kątów poziomych będących funkcją grubości drzew wyższych niż drzewo centralne i uznanych za konkurencyjne oraz odległości pomiędzy nimi a jodłą centralną oraz wskaźnika PK15 opartego na sumie kątów pionowych pomiędzy wierzchołkiem jodły centralnej a wierzchołkami drzew wyższych niż analizowana jodła i uznanych za konkurencyjne w stosunku do niej. W jego przypadku konieczna jest znajomość wysokości drzew, ich wysokościowe położenie względem siebie, zwłaszcza dla okazów rosnących na stromych stokach oraz odległość między nimi. Oba te wskaźniki odzwierciedlają oddziaływanie jednostronne, gdyż tylko wyższe drzewa od jodły centralnej włączone są do ich obliczenia. Istotnym ograniczeniem w szerokim stosowaniu tego rodzaju indeksów jest konieczność określenia dokładnego położenia drzew w terenie.

Wśród 18 wskaźników nieprzestrzennych najlepszymi predyktorami przyrostu i najczęściej występującymi w modelach przyrostu po pierwszym etapie selekcji były indeksy G2, BAL, K2 oraz RG1. Dwa pierwsze z nich wyrażają sumę pierśnicowego pola przekroju drzew w przyjętym zasięgu konkurencji i wyższych (G2) lub grubszych (BAL) od drzewa centralnego. Z kolei w dwóch następnych indeksach pierśnicowe pole przekroju analizowanego drzewa jest dzielone przez sumę tej cechy u wszystkich drzew konkurencyjnych (K2) lub przez maksymalne pierśnicowe pole przekroju drzewa konkurencyjnego (RG1) w przyjętej strefie oddziaływania. Jednak w dalszej procedurze selekcji i ewaluacji modeli tylko wskaźnik RG1, spośród nieprzestrzennych, okazał się statystycznie istotnie wpływającym na przyrost pierśnicowego pola przekroju badanej jodły. Jest on również odwzorowaniem konkurencji jednostronnej, gdyż w jego konstrukcji bierze się pod uwagę drzewo uznane za konkurencyjne o największej wartości pierśnicowego pola przekroju w danym zasięgu. Przyjmuje on wartości od 0 do 1, choć nigdy nie osiąga dolnej granicy, przy czym zwiększają się one w miarę zmniejszania się presji konkurencyjnej. Z punktu widzenia praktycznego wykorzystania tych indeksów, zebranie danych koniecznych do ich obliczenia nie powinno stwarzać problemów. W związku z powyższym mniejszym nakładem sił i środków możemy modelować przyrost pierśnicowego pola przekroju jodeł, ale z mniejszą nieco dokładnością. Z tego względu wskaźniki te, a zwłaszcza RG1, mogą znaleźć szersze zastosowanie w symulatorach wzrostu drzew niż indeksy przestrzenne.

W toku procedury konstruowania algorytmów zastosowano 39 różnych metod wyłaniania drzew konkurencyjnych (zasięgów oddziaływania) w stosunku do jodły centralnej. Wyniki badań wskazują, iż wśród wszystkich przestrzennych i nieprzestrzennych modeli, uwzględniających zasięg konkurencji (8 pierwszych modeli), najczęściej pojawiającą się



strefą był obszar oddziaływania wokół jodły centralnej zdefiniowany w oparciu o jej pierśnicę tj.  $0,15 \times D_{1,3} \times 100$  [cm]. Wystąpił on w przypadku trzech wzorców: nieprzestrzennego modelu 5 i 10-letniego oraz przestrzennego algorytmu 10-letniego przyrostu, wyłonionych na podstawie najniższej wartości współczynnika zmienności resztowej. W dwóch kolejnych modelach, nieprzestrzennym 5-letnim oraz przestrzennym 10-letnim wzorcu, wyłonionych w oparciu o wartość odchylenia standardowego składnika resztowego, najkorzystniejsze dopasowanie do wartości obserwowanych przyrostu zachodziło w strefie zasięgu wyznaczonej przez stały promień od jodły centralnej wynoszący 3,048 m (10 stóp). Pozostałymi metodami określania zasięgu konkurencji były: odwrócony stożek o kącie rozwarcia  $70^\circ$  i oparty wierzchołkiem na pniu na poziomie  $1/10$  wysokości drzewa centralnego dla przestrzennego 5-letniego modelu wybranego na podstawie najniższej wartości współczynnika zmienności resztowej; odwrócony stożek o kącie rozwarcia  $50^\circ$  i oparty wierzchołkiem na pniu na poziomie  $2/3$  wysokości drzewa centralnego dla przestrzennego 5-letniego modelu oraz obszar wokół jodły centralnej wyznaczony przez podwójną średnią odległość pomiędzy drzewami w danym drzewostanie dla nieprzestrzennego 10-letniego wzorca, przy czym dwa ostatnie modele wytypowane zostały w oparciu o wartość odchylenia standardowego składnika resztowego. Określenie wielkości strefy oddziaływania drzew na siebie jest niezmiernie istotne z punktu widzenia prowadzonych w drzewostanie cięć pielęgnacyjnych, w ramach których jesteśmy w stanie poprawiać warunki wzrostu drzewom popieranym poprzez eliminację okazów bezpośrednio i negatywnie na nie oddziałujących.

Z dwóch okresów przyrostowych, jakie poddano analizie w niniejszej pracy, okres 5-letni okazał się bardziej właściwy do parametryzacji modelu w przypadku przyjęcia kryterium selekcji na podstawie najmniejszego odchylenia standardowego składnika resztowego, natomiast okres 10-letni ujawnił swoją wyższość wśród algorytmów wybranych w oparciu o najmniejszą wartość współczynnika zmienności resztowej. Również z dwóch wzorców opracowanych na bazie wszystkich jodeł centralnych, algorytm opracowany w oparciu o 10-letni okres dawał precyzyjniejsze predykcje. Wynika stąd, iż modele opracowane na podstawie 10-letniego przyrostu przewyższają dokładnością predykcji wzorce opracowane na bazie 5-letniego przyrostu. Drzewostany jodłowe, które wybrano do badań, kierując się kryterium braku zabiegów hodowlanych w ostatnich 7 latach przed pomiarem, wchodziły w skład normalnych drzewostanów gospodarczych, podlegających takim czynnościom, wskutek czego w każdym z nich była przeprowadzona interwencja przynajmniej raz w ciągu 10-lecia, w większości przypadków na początku okresu. Zarówno ten czynnik jak również możliwe wystąpienie, nawet w niewielkim stopniu, procesu naturalnego wydzielania się pojedynczych drzew w ciągu tych dziesięciu lat oraz przyjęcie założenia o stałości pozycji biosocjalnej drzew i ich niektórych analizowanych cech, mogło w sposób istotny przyczynić się do zmniejszenia dokładności skonstruowanych modeli oraz zwiększenia udziału niewyjaśnionej części zmienności przyrostu.

Pomimo tego, iż przedstawiana praca nie dotyczyła wyboru statystycznych metod modelowania i nie zawiera porównania różnych procedur mogących służyć w tym procesie, to można wnioskować, również na podstawie literatury przedmiotu, iż zastosowana w tej pracy metoda budowania wzorców, wykorzystująca mieszany model liniowy, jest przydatnym i właściwym narzędziem w tego typu badaniach, pozwalającym na dogłębną analizę wpływu

poszczególnych zmiennych objaśniających na niewiadomą zależną, z uwzględnieniem czynnika losowego.

Prezentowana praca skłania do dalszych poszukiwań, uwzględniających szereg czynników mających wpływ na przyrost pierśnicowego pola przekroju lub pierśnicy jodły w całym jej zakresie wymiarowym oraz we wszystkich warunkach siedliskowych występowania górskich i podgórskich drzewostanów jodłowych z udziałem świerka czy buka. Szczególnym aspektem dalszych prac w tym zakresie może być poszukiwanie modelu, który opierałby się na łatwo dostępnych zmiennych np. uzyskiwanych w wyniku wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu lasu. Skłania ona również do dyskusji nad możliwością modyfikowania i/lub sparametryzowania istniejących modeli wzrostu drzew i drzewostanów tj. BWINPro czy SYBILA, mogących mieć zastosowanie w warunkach Polski, w których zależności wzrostowe dotyczące jodły są opracowane na skromniejszym materiale empirycznym niż w przypadku innych gatunków. Stąd wydaje się być uzasadniona możliwość ich sparametryzowania, zwłaszcza dla optymalnego dla jodły siedliska, jakim jest las górski.

Najważniejsze nowatorskie osiągnięcia przedstawione w pracy, stanowiące istotny wkład w rozwój nauki:

- opracowanie 10 modeli przyrostu pierśnicowego pola przekroju jodły wzrastającej w młodych i średniowiekowych drzewostanach z udziałem świerka i buka na terenie polskiej części Karpat, których zdolności predykcyjne wyniosły od 50 do 90% w zależności od analizowanego okresu, uwzględnionych istotnych wskaźników wpływu oraz atrybutów jodły;
- stwierdzenie, że najistotniejszymi cechami objaśniającymi w opracowanych modelach były: pierśnica jodły na początku badanego okresu oraz jej względna długość korony;
- udokumentowanie braku istotnego wpływu gatunku uznanego za konkurencyjny w stosunku do jodły w większości opracowanych modelach, oprócz jednego przypadku, w którym buk wykazał znaczące oddziaływanie na zmienną zależną, co może być wskazówką w trakcie przeprowadzania trzebieży wczesnych w drzewostanach mieszanych złożonych z jodły i buka;
- możliwość wykorzystania opracowanych modeli nieprzestrzennych do predykcji przyrostu pierśnicowego pola przekroju jodły, co daje możliwość użycia danych pozyskiwanych w ramach wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu lasu.

## 5. Charakterystyka dorobku w zakresie działalności naukowo - badawczej

Moje zainteresowania naukowe obejmują następujące, szeroko pojęte, zagadnienia:

- Budowa, struktura i dynamika lasów o charakterze pierwotnym będących źródłem informacji o zachodzących procesach w naturalnych ekosystemach leśnych oraz obserwacji mogących mieć praktyczne przełożenie na postępowanie w lasach gospodarczych ukierunkowane na realizację zasad hodowli lasu bliskiej naturze.
- Ekologia i hodowla jodły pospolitej, będącej gatunkiem wysokoprodukcyjnym, której znaczenie w lasach górskich jest bardzo duże.
- Hodowla lasów mieszanych, nabierających coraz większego znaczenia w zmieniających się warunkach środowiska.

### 5.1. Budowa, struktura i dynamika lasów o charakterze pierwotnym

Od początku mojej aktywności zawodowej brałem czynny udział w pracach badawczych związanych z charakterystyką budowy, struktury i dynamiki lasów o charakterze pierwotnym wzrastających w warunkach górskich polskiej części Karpat. Badania te, dotyczące drzewostanów występujących głównie na terenach rezerwatów i parków narodowych w Bieszczadach, Gorcach i Beskidzie Żywieckim, zaowocowały licznymi publikacjami w czasopiśmie naukowych, w których ważne miejsce zajmują wnioski wypływające z obserwacji takich lasów dla gospodarki leśnej zorientowanej na realizację zasad hodowli bliskiej naturze.

Badania lasów na terenie Bieszczadzkiego Parku Narodowego skoncentrowane były głównie na charakterystyce rzadko występujących na terenie Polski lasów z udziałem buka i jaworu, należących m. in. również do zespołu *Aceri-Fagetum*. Do najważniejszych wyników tych prac<sup>1,2</sup> i wniosków z nich wypływających można zaliczyć:

- badane drzewostany charakteryzowały się dużym udziałem jaworu, wahającym się od 38% do 71%, zatem były to drzewostany wielogatunkowe: jaworowo-bukowe i bukowo-jaworowe;
- w analizowanych drzewostanach stwierdzono duże zróżnicowanie cech (pierśnicy, wysokości i miąższości), wynikające z położenia n.p.m.;
- odnotowano zdecydowaną dominację buka w podroście we wszystkich badanych drzewostanach pomimo większego zróżnicowania gatunkowego w nalocie;

<sup>1</sup> Jaworski A., Pach M., Skrzyszewski J. 1995. *Budowa i struktura drzewostanów z udziałem buka i jaworu w kompleksie leśnym Moczarnie oraz pod Rabią Skalą (Bieszczady)*. Acta Agr. et Silv. ser. Silv., 33: 39-73.

<sup>2</sup> Pach M. *Bieszczadzkie drzewostany o charakterze pierwotnym z udziałem buka i jaworu (na przykładzie wybranych powierzchni)*. Referat wygłoszony na Międzynarodowej Konferencji Naukowej na temat: *Ekologiczne i ekonomiczne uwarunkowania rozwoju gospodarczego Karpat Południowo-Wschodnich*. Bieszczady, 1995. Referat opublikowany w materiałach pokonferencyjnych.

- konieczność przyjęcia w lasach gospodarczych postępowania zapewniającego utrzymanie wymaganego udziału jaworu w składzie drzewostanów na siedlisku lasu górskiego, z uwagi na stwierdzone sporadyczne występowanie jaworu w podroście i jego brak w dolnym piętrze drzewostanów niższych położań (do 1150 m n.p.m.). Postępowanie to powinno polegać na zastosowaniu rębni gniazdowej częściowej w drzewostanach jednopiętrowych i o małym zróżnicowaniu wieku lub rębni stopniowej gniazdowej udoskonalonej przy większym udziale jaworu i bardziej złożonej budowie piętrowej drzewostanu;
- ustalanie zróżnicowanej funkcji drzewostanów z udziałem buka i jaworu w zależności od położenia n.p.m. W optymalnych warunkach siedliskowych, gdzie wykształcają się zasobne drzewostany z udziałem buka i jaworu, mogą one pełnić rolę produkcyjną dostarczając cennych sortymentów. Natomiast drzewostany bukowo-jaworowe o zróżnicowanej budowie piętrowej i złożonej strukturze wieku powinny tworzyć trwałe i stabilne zbiorowiska leśne, zapewniające spełnianie funkcji ochronnych w najbliższym sąsiedztwie górnej granicy lasu;
- przywrócenie w Zasadach Hodowli Lasu możliwości kształtowania jaworowo-bukowego typu drzewostanów na siedlisku lasu górskiego w Bieszczadach.

Kolejne prace badawcze wykonane w tych drzewostanach po 10 latach pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków<sup>3</sup>:

- zmniejszenie udziału jaworu wraz z towarzyszącym mu wzrostem udziału buka w analizowanych drzewostanach zachodziło niezależnie od wysokości nad poziomem morza;
- głównymi mechanizmami obserwowanych zmian są międzygatunkowe różnice w dynamice przyrostu miazszości (buk cechował się większą dynamiką przyrostu) oraz w przeżywalności odnowień obu gatunków (mniejsza przeżywalność odnowień jaworu);
- mała przeżywalność odnowień jaworowych może wynikać z niekorzystnych warunków świetlnych, co może być podstawą zalecenia o wykonywaniu cięć grupowych (gniazdowych) sprzyjających temu odnowieniu, a zarazem utrzymaniu tego gatunku w składzie drzewostanów gospodarczych.

Kluczowym elementem gospodarki leśnej w warunkach górskich, opartej na hodowli bliskiej naturze, jest poszukiwanie wzorców procesów zachodzących w lasach naturalnych lub mało zniekształconych działalnością człowieka, do których zaliczają się lasy rezerwatów i parków narodowych. Takim przykładem mogą służyć zbiorowiska leśne rezerwatu "Oszast" i "Śrubita" w Beskidzie Żywieckim, gdzie zachowały się naturalne enklawy drzewostanów wielogatunkowych pośród sztucznych monokultur świerkowych. W rezerwatach tych na stałych powierzchniach badawczych prowadzone są obserwacje drzewostanów przez pracowników Katedry/Zakładu Szczegółowej Hodowli Lasu UR w Krakowie od roku 1998,

---

<sup>3</sup> Bartkowicz L., Jaworski A., Pach M. 2008. *Przypuszczalne mechanizmy zmian udziału jaworu i buka w bieszczadzkich drzewostanach o charakterze pierwotnym*. Roczniki Bieszczadzkie, 16: 33-46.

które zaowocowały kilkoma publikacjami z moim współautorstwem<sup>4,5,6</sup>. Badania prowadzone w tych rezerwatach dają podstawę do stwierdzenia, że:

- dolnoreglowe drzewostany o charakterze pierwotnym w rezerwacie "Oszast", występujące w fazie przerębowej, charakteryzują się korzystnymi cechami związanymi z witalnością buka, świerka i jaworu oraz stabilnością świerka. Świadczy to o słuszności stosowania bardziej złożonym metod gospodarowania (rębnia stopniowa udoskonalona lub rębnia przerębowa) w takich gospodarczych wielogatunkowych drzewostanach górskich;
- w rezerwacie "Śrubita" dominuje stadium dorastania (według koncepcji Korpela) w różnych fazach rozwojowych (ok. 80%); resztę powierzchni zajmuje słabo wykształcone stadium optymalne;
- korzystne cechy biomorfologiczne jodły, odnotowane jedynie w fazie przerębowej cyklu rozwojowego lasu pierwotnego na terenie rezerwatu "Oszast", przemawiają za celowością stosowania rębni przerębowej lub cięć przerębowych we fragmentach o trwale zróżnicowanej budowie w ramach rębni stopniowej udoskonalonej, zwłaszcza w warunkach dużej presji konkurencyjnej ze strony buka;
- w rezerwacie "Oszast" świerk nie tylko nie wykazuje symptomów obumierania, ale zwiększa swój udział miąższościowy kosztem jodły. Natomiast widoczny jest jego brak w fazie podrostu wyrosniętego, co może być skutkiem silnej presji konkurencyjnej ze strony buka w nalotach i podrostach;
- w badanych drzewostanach obu rezerwatów zaznaczyła się dominacja udziału buka w odnowieniu oraz w najcieńszych stopniach grubości, co pozwala przypuszczać, że będzie on gatunkiem panującym w obu rezerwatach;
- w celu zapobiegnięcia procesowi dominacji buka w drzewostanie należałoby w lasach gospodarczych o składzie gatunkowym podobnym jak w rezerwacie "Oszast" i "Śrubita" realizować rębnię stopniową gniazdową udoskonaloną bądź ciągłą z celowym popieraniem naturalnych lub sztucznych odnowień jodłowych i świerkowych;
- wskazane byłoby przyjęcie docelowego składu gatunkowego w postaci świerk 40%, jodła 30%, buk 20% oraz inne cenne domieszki (np. jawor) 10% dla przebudowywanych monokultur świerkowych na terenie Beskidu Żywieckiego w pasie wysokości 1000-1100 m n.p.m.. Wynika to częściowo z prowadzonych badań jak i z analizy przekazów historycznych;
- skład gatunkowy drzewostanów, występujący w latach 30. XX wieku, w rezerwacie "Śrubita", określony na podstawie źródeł historycznych, w postaci jodła 40%, buk 35%, świerk 25% oraz domieszka jaworu, można przyjąć za odpowiedni dla Beskidu Żywieckiego, przy planowaniu przebudowy drzewostanów świerkowych w pasie wysokości 800-900 m n.p.m.

---

<sup>4</sup> Jaworski A., Kołodziej Z., Pach M. 2001. *Skład gatunkowy, budowa i struktura drzewostanów w rezerwacie Śrubita*. Sylwan, 145, 6: 21-47.

<sup>5</sup> Pach M., Bartkiewicz L. 2002. *Charakterystyka cech biomorfologicznych buka, świerka, jodły i jaworu w drzewostanach rezerwatu Oszast (Beskid Żywiecki) w zależności od stadium i fazy rozwojowej lasu pierwotnego*. Sylwan, 146, 10: 67-76.

<sup>6</sup> Jaworski A., Pach M. 2014. *Stan wielogatunkowego lasu naturalnego (Abies, Fagus, Picea) regla dolnego w rezerwacie Oszast na tle stanu monokultur świerkowych w Beskidzie Żywieckim i Beskidzie Śląskim*. Leśne Prace Badawcze, 75(1): 13-23.

Istotne zmiany gatunkowe drzewostanów o charakterze pierwotnym zaobserwowano również w rezerwacie "Dolina Łopusznej" w Gorczańskim Parku Narodowym. Moje wspólne badania<sup>7</sup> z prof. dr. hab. Andrzejem Jaworskim pozwoliły na sformułowanie następujących stwierdzeń:

- w badanych drzewostanach rezerwatu "Dolina Łopusznej" w ciągu 30 lat obserwacji nastąpił wzrost udziału buka zarówno w odnowieniu jak i w starszych klasach wieku, utrzymał lub nawet w niewielkim stopniu zwiększył się udział jodły, zwłaszcza w podroście; uwidocznił się spadek udziału świerka w drzewostanie oraz utrzymało się niewielkie jego występowanie w odnowieniu. Efektem tych zmian może być ukształtowanie się na terenie rezerwatu drzewostanów złożonych głównie z jodły i buka;
- w celu utrzymania wszystkich trzech gatunków jako współpanujących w lasach gospodarczych konieczne jest stosowanie odpowiednich metod odnawiania (rębnie stopniowe) i pielęgnacji, które zapewnią zachowanie ich udziałów na pożądanym poziomie.

Moje zainteresowania badawcze skupiały się również na analizie budowy, struktury i dynamiki górnoreglowych borów świerkowych występujących na Pilsku (Beskid Żywiecki), które w przeszłości, przed objęciem ochroną rezerwatową w 1971 roku, podlegały zarówno posztucznym cięciom, polegającym na usuwaniu drzew grubych i najgrubszych (cięcia sanitarne) jak i cięciom grupowym połączonym ze sztucznym uzupełnianiem naturalnych odnowień świerkowych. Drzewostany te można uznać za naturalne w tej strefie wysokościowej (pas boru zwartego), chociaż z nieco zniekształconą budową i strukturą w wyniku przeprowadzonych wspomnianych wcześniej cięć. Efektem wykonanych badań w tych drzewostanach były publikacje<sup>8,9,10</sup> współautorskie z m.in. prof. dr. hab. Andrzejem Jaworskim oraz dr. inż. Leszkiem Bartkowiczem, z których wnioski można przedstawić następująco:

- stosowanie cięć grupowych nawiązujących do górskiej rębni przerębowej zapewnia korzystniejsze warunki wzrostu świerków, dzięki czemu wykazują one lepszą żywotność, większą stabilność i odporność na szereg czynników stresowych (wiatr, śnieg, gradacje szkodników, zanieczyszczenia przemysłowe) w porównaniu do drzewostanów, w których prowadzono cięcia jednostkowe;
- w związku z korzystnymi cechami biomorfologicznymi oraz trwale zróżnicowaną budową tak prowadzonych drzewostanów, w optymalny sposób pełnią one funkcje ochronne, co jest szczególnie ważne w wyższych położeniach górskich;
- w celu poprawy stabilności objętych ochroną czynną świerczyn górnoreglowych w Beskidach wskazane jest kształtowanie drzewostanów wielopiętrowych o grupowo-

<sup>7</sup> Jaworski A., Pach M. 2013. *Zmiany udziału buka, jodły i świerka w dolnoreglowych drzewostanach naturalnych w rezerwacie „Dolina Łopusznej” (Gorczański Park Narodowy)*. Sylwan, 4: 213-222.

<sup>8</sup> Pach M., Bartkowicz L., Skoczeń W. 2001. *Charakterystyka cech biomorfologicznych świerka w górnoreglowym borze Pilsku w zależności od budowy i struktury drzewostanu*. Sylwan, 145, 1: 23-37.

<sup>9</sup> Jaworski A., Pach M. 2010. *Budowa, dynamika, struktura i możliwości produkcyjne borów górnoreglowych na Pilsku*. Acta. Agr. Silv. ser. Silv., 48: 3-31.

<sup>10</sup> Jaworski A., Pach M. 2011. *Charakterystyka wybranych cech morfologicznych świerków wpływających na ich stabilność, ukształtowanych w wyniku stosowania różnych rębni w borze górnoreglowym na Pilsku*. Leśne Prace Badawcze, 72(2): 171-181.

kępowej teksturze i zwarcu schodkowym będących efektem prowadzenia górskiej rębni przerębowej lub rębni stopniowej cięciami grupowymi.

Jedną z cech drzewostanu wpływającą na ogólną jego postać jest tekstura wyrażająca wewnętrzną zmienność budowy i struktury drzewostanu. W lasach naturalnych jest ona pochodną pojawiających się zaburzeń oraz strategii życiowych gatunków drzew. Poznanie zmienności wewnętrznej budowy i struktury naturalnych drzewostanów w różnych skalach przestrzennych daje po części możliwość kształtowania drzewostanów gospodarczych zgodnie z ideą półnaturalnej hodowli lasu. Zagadnienie to było przedmiotem badań prowadzonych wspólnie przeze mnie i moich współpracowników w Katedrze/Zakładzie Szczegółowej Hodowli Lasu w naturalnych dolnoregłowych drzewostanach Karpat, których efektem było opublikowanie dwóch prac<sup>11,12</sup>. Do najważniejszych osiągnięć tych badań można zaliczyć:

- model przestrzenny występowania żywych i martwych drzew o pierśnicy powyżej 50 cm był regularny na poziomie pojedynczej powierzchni próbnej (0,015ha), natomiast bardziej losowy w większej skali przestrzennej (odległość  $\geq 20$ m);
- przestrzenna zmienność pierśnicowego pola przekroju drzew żywych i martwych zmierzała w kierunku rozmieszczenia losowego;
- w niewielkiej skali przestrzennej, odpowiadającej powierzchni rzutu przeciętnej wielkości korony z okapu drzewostanu, struktura drzewostanu wykazała znaczną zmienność, w związku z czym hipoteza o płatowo-mozaikowej zmienności drzewostanu w dolnoregłowych drzewostanach o charakterze pierwotnym złożonych ze świerka, buka i jodły nie została potwierdzona;
- w skali niewielkich płatów, rozkład pierśnicowego pola przekroju drzew żywych był zbliżony do rozkładu normalnego, co może sugerować występowanie małopowierzchniowych zaburzeń i o mniejszej intensywności, które rzadko doprowadzają do całkowitej redukcji wartości tej cechy, nawet w małych płatach drzewostanu, a ponadto świadczy to o szybkim rekompensowaniu ubytków biomasy poprzez jej przyrost;
- tekstura badanych drzewostanów cechuje się dominacją płatów o zróżnicowanej strukturze pierśnic we wszystkich analizowanych skalach przestrzennych;
- uzyskany opis tekstury najbliższy jest postaci lasu kształtowanej przez prowadnię wszechgeneracyjną i formę rębni uwzględniającą możliwość prowadzenia w warstwie górnej cięć jednostkowych, grupowych i rzadziej kępowych. Ukształtowany w ten sposób drzewostan powinien charakteryzować się dużą zmiennością budowy pionowej oraz pierśnicowego pola przekroju w małych skalach przestrzennych i nie musi przypominać pod tym względem lasu o budowie jednostko-przerębowej.

Z analizą tekstury drzewostanu wiążą się badania nad rolą poszczególnych gatunków drzew w kształtowaniu zróżnicowanej budowy piętrowej. W tym duchu, wspólnie z moimi współpracownikami, zainicjowaliśmy badania w seminaturalnych drzewostanach liściastych

<sup>11</sup> Paluch J.G., Kołodziej Z., Pach M., Jastrzębski R. 2015. *Spatial variability of close-to-primeval Fagus-Abies-Picea forests in the Western Carpathians (Central Europe): A step towards a generalised pattern*. Eur. J. Forest Res., 134(2): 235–246,

<sup>12</sup> Kołodziej Z., Paluch J., Bartkiewicz L., Pach M. 2015. *Tekstura karpackiego dolnoregłowego drzewostanu mieszanego o charakterze pierwotnym*. Sylwan, 159(7): 600-609.

występujących w Puszczy Niepołomickiej k/Krakowa. Rezultatem podjętych analiz<sup>13</sup> wspólnie z dr. inż. Leszkiem Bartkowiczem i dr. inż. Zbigniewem Kołodziejem jest konkluzja, że istnieją możliwości konfigurowania drzewostanów o złożonej, wielopiętrowej budowie, składających się z różnych gatunków (lipa drobnolistna, jesion wyniosły, wiąz szypułkowy, dąb szypułkowy, a nawet olcha czarna i sosna zwyczajna), tworzących niżowe lasy liściaste oraz wzrastających na żyznych i optymalnie uwilgotnionych siedliskach. Jednakże niepoznana pozostaje dynamika takich układów, zwłaszcza przy różnej presji konkurencyjnej i charakteru reakcji na odsłonięcie na różnych etapach wzrostu i rozwoju drzewostanów.

## 5.2. Ekologia i hodowla jodły pospolitej

Badania dotyczące ekologii i hodowli jodły pospolitej towarzyszyły mi od samego początku mojej pracy na Wydziale Leśnym w Krakowie. Jodła, będąca jednym z głównych gatunków drzew leśnych rosnących na terenie polskich gór, a zwłaszcza Karpat, gdzie udział drzewostanów z panującą jodłą wynosi 23,9% powierzchni leśnej Karpackiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej w Lasach Państwowych, jest niezwykle interesującym obiektem badań. Moje zainteresowania związane z hodowlą jodły skupiły się głównie na trzech zagadnieniach:

- możliwości hodowli lasów jodłowych o zróżnicowanej budowie i strukturze wieku;
- ocena żywotności jodły;
- szkody na jodle powodowane przez jeleniowate.

### 5.2.1. Możliwości hodowli lasów jodłowych o zróżnicowanej budowie i strukturze wieku

Jodła, będąca gatunkiem wybitnie cienioznośnym, jest szczególnie predestynowana do tworzenia drzewostanów o złożonej piętrowości i zróżnicowanej strukturze wiekowej, często wykazujących budowę przerębową. Na terenie Polski takich drzewostanów jest znikomy udział, podczas gdy w innych państwach europejskich ich odsetek jest znacznie wyższy (np. w Szwajcarii - 8% powierzchni leśnej). Z tego względu niezmiernie istotnym przedsięwzięciem jest identyfikacja i zachowanie potencjalnych drzewostanów jodłowych wykazujących taką lub zbliżoną budowę, gdzie byłaby możliwość prowadzenia rębni przerębowej (ciągłej). Takiego zadania podjęliśmy się na terenie Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Krakowie w zespole kierowanym przez prof. dr. hab. Andrzeja Jaworskiego (projekt finansowany przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych w Warszawie). Efektem naszych prac było założenie sieci powierzchni doświadczalnych w 13 drzewostanach jodłowych reprezentujących szerokie spektrum budowy i struktury (od wymagających konsekwentnie prowadzonej przemiany do bliskich drzewostanów modelowych), na których wykonano szczegółową charakterystykę drzewostanu<sup>14,15</sup>. Dzięki powtarzalnym cyklom

<sup>13</sup> Bartkowicz L., Kołodziej Z., Pach M. 2015. *Rola poszczególnych gatunków drzew w kształtowaniu złożonej budowy pionowej w starodrzewach liściastych Puszczy Niepołomickiej*. Sylwan, 159(8): 650–657.

<sup>14</sup> Jaworski A., Majerczyk K., Pach M., Paluch J., Kołodziej Zb., 2005. *Charakterystyka i zasady zagospodarowania jodłowych lasów przerębowych w wybranych nadleśnictwach Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Krakowie*. Praca wykonana w ramach tematu BLP-241 zleconego przez IBL w Warszawie, s. 25.

<sup>15</sup> Jaworski A., Paluch J., Pach M., Kołodziej Zb., Majerczyk K. 2007. *Charakterystyka lasów przerębowych w wybranych nadleśnictwach Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Krakowie*. Sylwan, 6: 34-52.



pomiarowym drzewostany te, obejmujące szerokie zróżnicowanie typowych karpaccich lasów przerębowych, mogą służyć do wypracowania modelowej struktury i budowy oraz optymalizacji rozkładu pierśnic. Dodatkowo są obiektami szkoleniowo-doświadczalnymi wykorzystywanymi przez administrację Lasów Państwowych.

### 5.2.2. Ocena żywotności jodły

Zagadnieniem częściowo powiązanim z wyżej przedstawionym jest ocena żywotności jodły, noszącej często miano "mimozy" naszych lasów ze względu na jej wysoką wrażliwość na wpływy i zmiany środowiska. Szczególnie w drugiej połowie XX wieku badania i obserwacje prowadzone przez wielu autorów i leśników uwiaryściły problem postępującego procesu regresji tego gatunku, objawiającego się stałym i trwałym ustępowaniem jodły z drzewostanów europejskich. Spowodowane to było wieloma aspektami, które można było pogrupować na czynniki antropogeniczne, abiotyczne i biotyczne. W związku z tym w pierwszej połowie lat 90. zaszła potrzeba przeprowadzenia analizy stanu drzewostanów jodłowych w obszarach górskich na terenie Polski (Sudety, Karpaty i Góry Świętokrzyskie) pod kątem ich żywotności i przyrostu. Badania podjęte w tym zakresie przez zespół Katedry Szczegółowej Hodowli Lasu Akademii Rolniczej w Krakowie pod kierownictwem prof. dr. hab. Andrzeja Jaworskiego, z moim uczestnictwem, w 23 drzewostanach jodłowych pozwoliły na sformułowanie następujących stwierdzeń<sup>16,17</sup>:

- po wielu latach załamania się przyrostu promienia pierśnicy jodeł w latach 1961-1980 w następnym dziesięcioleciu (1981-1990) nastąpiła zmiana tendencji przebiegu przyrostu. Prawie 70% analizowanych drzewostanów wykazało regenerację (zwiększenie) przyrostu w tym okresie;
- najlepszą regenerację przyrostu stwierdzono w drzewostanach zlokalizowanych w południowo-wschodniej części kraju (Bieszczady, Beskid Niski i Sądecki, Pogórze Karpackie) oraz występujących w Górach Świętokrzyskich i na Roztoczu;
- istnieje istotny związek cech biomorfologicznych korony (względna długość korony, typ wierzchołka i stopień zniekształcenia korony) i wskaźników żywotności jodły z przyrostem bieżącym promienia z lat 1981-1990 zarówno w drzewostanach młodszych (do 80 lat) jak i starszych;
- szczególnie przydatnymi cechami, które łatwo mogą być wykorzystywane w praktyce do oceny żywotności jodeł są: względna długość korony oraz typ wierzchołka;
- cechami jodeł, które wykazują normalny przyrost promienia na pierśnicy, określony odpowiednią wartością indeksu wyrażającego stosunek przyrostu z lat 1981-1990 do przyrostu z lat 1951-1960, w drzewostanach młodszych są: względna długość korony - co najmniej 40-50%, typ wierzchołka - stożkowy lub wąskoparaboloidalny, żywotność normalna oraz stopień zniekształcenia korony - do 20%; natomiast w drzewostanach starszych: względna długość korony - co najmniej 40-45%, typ wierzchołka -

<sup>16</sup> Jaworski A., Karczmariski J., Pach M., Skrzyszewski J., Szar J. 1995. Ocena żywotności drzewostanów jodłowych w oparciu o cechy biomorfologiczne koron i przyrost promienia pierśnicy. Acta Agr. et Silv. ser. Silv., 33: 115-131.

<sup>17</sup> Jaworski A., Pach M., Szar J. 1995. Kształtowanie się zależności między cechami biomorfologicznymi korony i żywotnością a 10-letnim przyrostem promienia pierśnicy jodeł. Acta Agr. et Silv. ser. Silv., 33: 133-140.

szerokoparaboloidalny, żywotność lekko lub średnio osłabiona oraz stopień zniekształcenia korony - do 20-30%;

- przedstawione wyżej cechy powinny decydować o wyborze drzew dorodnych w trakcie przeprowadzania trzebieży, które powinny być ukierunkowane na pielęgnację drzew o długich i w miarę pełnych koronach.

### 5.2.3. Szkody na jodle powodowane przez jeleniowate

Wśród czynników antropogenicznych, wspomnianych powyżej, przyczyniających się do ustępowania jodły z drzewostanów, jest utrzymywanie wysokiego stanu zwierzyny płowej (sarny i jelenie), która może powodować szkody w odnowieniu jodły, istotne z punktu widzenia hodowli lasu. Najczęstszym rodzajem uszkodzeń jest zgryzanie powodowane przez sarny i jelenie oraz spalowanie kory powodowane przede wszystkim przez jelenie. Ten drugi typ uszkodzeń występuje w odnowieniach starszych (tyczkowina, żerdziowina), które wyszły już ze strefy zagrożonej zgryzaniem. Analiza wpływu spalowania na niektóre cechy ilościowe i jakościowe jodły w fazie podrostu i żerdziowiny była przedmiotem moich gruntownych badań, których efektem była rozprawa doktorska oraz sześć publikacji powstałych na jej podstawie. W rozprawie doktorskiej jak i w publikacjach szukałem szczegółowych odpowiedzi na pytania o wpływ spalowania powodowanego przez jeleniowate na cechy morfologiczne koron jodeł<sup>18</sup>, na szerokość słoju rocznych pni jodeł<sup>19,20</sup> oraz na przyrost wysokości i miąższości jodeł<sup>20,21</sup>. Podałem również analizie zasięg i dynamikę rozprzestrzeniania się zgnilizny wewnątrz pni jodeł w wyniku ich spalowania<sup>22</sup> oraz tempo zarastania spał z określeniem czynników na nie wpływających<sup>23</sup>. Wszystkie te rozważania zmierzały do wypracowania konkretnych zaleceń dotyczących zasad wykonywania zabiegów pielęgnacyjnych, zwłaszcza w ramach czyszczeń późnych, w odnowieniach jodłowych charakteryzujących się wyraźnymi uszkodzeniami w wyniku spalowania. Rezultaty tych prac można streścić następująco:

- zasięg występowania uszkodzeń na pniu, w zakresie od 30 do 210 cm, może być podstawą do skutecznej jego ochrony w postaci mechanicznych lub chemicznych środków ochrony;
- rozmiar uszkodzeń, nie przekraczający 40% względnej szerokości oraz 30% względnej powierzchni spały, nie powinien zakłócać normalnego wzrostu jodełek. Powyżej tych wartości obserwowano spadek tendencji wzrostowej i żywotności jodeł;
- reakcja jodły na spalowanie, objawiająca się spadkiem szerokości słoju rocznych, wystąpiła jedynie w pierwszym roku po uszkodzeniu i wyniosła ok. 10% wartości

<sup>18</sup> Pach M. 2002. *Spalowanie jodły na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Krynicy (Beskid Sądecki) oraz jego wpływ na wybrane cechy morfologiczne koron*. Acta Agr. et Silv. ser. Silv., 40: 31-47.

<sup>19</sup> Pach M. 2003. *Wpływ spalowania powodowanego przez jelenie na szerokość słoju rocznych pni jodeł*. Acta Agr. et Silv. ser. Silv., 41: 75-82.

<sup>20</sup> Pach M. 2002. *The effect of bark-stripping by red deer on growth features of European silver fir (Abies alba Mill.)*. Proceeding of 10<sup>th</sup> International IUFRO European Silver Fir Symposium, 16-20 September 2002, Trippstadt: 171-178.

<sup>21</sup> Pach M. 2004. *Wpływ spalowania powodowanego przez jelenie na przyrost wysokości i miąższości jodeł (Abies alba Mill.)*. Acta Agr. et Silv. ser. Silv., 42: 35-48.

<sup>22</sup> Pach M. 2005. *Zasięg i dynamika rozprzestrzeniania się zgnilizny wewnątrz pni jodeł w wyniku ich spalowania przez jeleniowate*. Sylwan, 149, 5: 23-35.

<sup>23</sup> Pach M. 2008. *Tempo zarastania spał na jodle oraz niektóre czynniki na nie wpływające*. Sylwan, 4: 46-57.

ostatniego przyrostu przed spalowaniem. W kolejnych latach (do 5 lat) przyrost na grubości wzrastał się, osiągając wartości przewyższające o ok. 17% przyrosty w analogicznych okresach przed uszkodzeniem pnia i był on większy w przypadku szerszych uszkodzeń;

- średni spadek przyrostu wysokości i miąższości u wszystkich analizowanych jodełek wyniósł odpowiednio 12% i 6% wartości ostatniego przyrostu przed uszkodzeniem i okazał się on statystycznie istotny oraz trwał on najczęściej od 1 do 3 lat po uszkodzeniu;
- istotnym czynnikiem wpływającym na wielkość spadku przyrostu miąższości po spalowaniu okazała się długość spały i jej zasięg w kierunku pionowym;
- prawie w każdym uszkodzonym drzewku wystąpiła zgnilizna o różnym stopniu zaawansowania, która obejmowała tylko słoje powstałe przed spalowaniem;
- bardziej zaawansowany stopień rozkładu pnia stwierdzono w przypadku starszych ran, większej szerokości bezwzględnej rany, niżej położonej dolnej granicy spały na pniu oraz starszych drzewek w momencie spalowania;
- zasięg zgnilizny w kierunku poziomym był ściśle uzależniony od wielkości rany (szerokość i powierzchnia), wymiarów drzewka w momencie uszkodzenia (pierśnica, wysokość i miąższość) oraz charakteru spały (otwarta, zabliźniona);
- wysokość na pniu, do jakiej sięgała zgnilizna w kierunku osiowym, wyniosła maksymalnie 3 m i była uzależniona jedynie od wysokości występowania górnej granicy spały na pniu;
- tempo rozprzestrzeniania się zgnilizny w kierunku poziomym wyniosło średnio rocznie 2% powierzchni przekroju pnia i było ono szybsze w przypadku szerszych i młodszych ran;
- szybkość rozszerzania się zgnilizny drewna w kierunku pionowym wyniosła średnio 4,7 cm/rok i było ono większe u starszych i grubszych jodełek, w przypadku słabo zabliźnionych ran, a zwłaszcza w pierwszych latach po zranieniu;
- na obniżoną żywotność i tendencję wzrostową uszkodzonych jodełek miał wpływ głównie stopień rozkładu drewna wewnątrz strzałek a nie zasięg i tempo rozprzestrzeniania się zgnilizny w pniu;
- u młodych, a zarazem cieńszych jodełek, które w momencie spalowania były w wieku do 23 lat, długość okresu gojenia się ran nie przekraczała 8 lat;
- czynnikiem mającym istotne znaczenie w ograniczaniu spalowania pni jest długa i nisko osadzona korona. W związku z tym należałoby tak prowadzić cięcia pielęgnacyjne w odnowieniach jodłowych narażonych na szkody od zwierzyny, aby ich zwarcie pozwalało drzewkom na utrzymanie odpowiednio długich koron (zwarcie umiarkowane), utrudniających dostęp jeleniom do pnia, a w przypadku wystąpienia uszkodzeń umożliwiających w miarę szybkie ich zabliźnienie;
- w trakcie cięć pielęgnacyjnych należy usuwać jodełki ze spałami starszymi, przekraczającymi 10 lat, które się jeszcze nie zabliźniły, gdyż w takich przypadkach istnieje bardzo duże prawdopodobieństwo rozwoju zgnilizny grzybowej wewnątrz pnia;
- oszacowana na podstawie opracowanego modelu regresji wielokrotnej długość okresu gojenia się rany na pniu w zależności od szerokości spały oraz względnej długości

korony może być pomocnym narzędziem przy wyborze drzewek do usunięcia (unieszkodliwienia) w trakcie prac pielęgnacyjnych.

### 5.3. Hodowla lasów mieszanych

Idea promowania i prowadzenia lasów mieszanych została zapoczątkowana przez Karla Gayera w 1886 roku, wybitnego hodowcę lasu na Uniwersytecie w Monachium, który twierdził, że niepewność przyszłego rozwoju lasów oraz ryzyko środowiskowe z tym związane może być zmniejszone tylko przez świadome kształtowanie drzewostanów mieszanych. Myśl ta była jednym z fundamentów wprowadzonej przez tego znawcę lasów koncepcji hodowli lasu bliskiej naturze i rozwijanej przez kolejne rzesze badaczy. Obecnie drzewostany takie uważane są za bardziej adaptowalne do zmieniających się warunków środowiska niż drzewostany jednogatunkowe i w efekcie realizujące strategię zmniejszenia i rozproszenia ryzyka hodowlanego. W zbiorowiskach lasów mieszanych zachodzi zjawisko uzupełniania się nisz ekologicznych oraz oddziaływanie konkurencyjne i pozytywne. Wymienione procesy umożliwiają współbywanie kilku (wielu) gatunków o różnych cechach funkcjonalnych i metodach korzystania z zasobów środowiska. Dzięki temu, lasy mieszane mogą wykazywać niekiedy większe możliwości produkcyjne niż drzewostany jednogatunkowe. Efekt zmieszania w dużej mierze zależy od doboru gatunków, ich wieku i udziału w drzewostanie, formy zmieszania, występujących zaburzeń, warunków siedliskowych oraz prowadzonej gospodarki leśnej. Badania dotyczące lasów mieszanych wymagają jednak zdefiniowania, harmonizacji i standaryzacji pewnych pojęć i metod, niezbędnych do właściwego opisu zjawisk i procesów zachodzących w różnogatunkowych drzewostanach. Próba podjęcia tego zadania były dwie prace<sup>24,25</sup> opublikowane przez szerokie grono autorów zaangażowanych w pracach sieci COST Action FP1206 " European mixed forests - Integrating Scientific Knowledge in Sustainable Forest Management (EuMIXFOR)". W pierwszej publikacji<sup>24</sup> przedstawiliśmy szeroko rozumianą definicję lasu mieszanego na tle istniejących pojęć wraz z koniecznymi i uzupełniającymi ją kryteriami oraz z podaniem perspektyw badawczych, związanych z lasami mieszanymi, stojących przed europejskim środowiskiem naukowym. Z kolei druga praca<sup>25</sup> dotyczyła przeglądu, usystematyzowaniu i zaproponowaniu harmonijnych metod opisu struktury, dynamiki i produktywności lasów mieszanych, mogących mieć zastosowanie w różnorodnych pracach badawczych prowadzonych w tym zakresie. Z tego względu te dwa artykuły można uznać za fundamentalne w obszarze prac badawczych dotyczących lasów mieszanych. Moje zaangażowanie w pracach tej sieci COST pozwoliło mi również na włączenie się do badań nad produktywnością drzewostanów mieszanych złożonych z buka i sosny w porównaniu do jednogatunkowych lasów sosnowych i bukowych w szerokim gradiencie siedliskowym.

<sup>24</sup> Andrés Bravo-Oviedo A., Pretzsch H., Ammer C., Andenmatten E., Barbati A. Barreiro S., Brang P., Bravo F., Coll L., Corona P., den Ouden J., Ducey M.J., Forrester D.I., Giergiczny M., Jacobsen J.B., Lesinski J., Löf M., Mason B., Matovic B., Metslaid M., Morneau F., Motiejunaite J., O'Reilly C., Pach M., Ponette Q., del Río M., Short I., Skovsgaard J.P., Soliño M., Spathelf P., Sterba H., Stojanovic D., Strelcova K., Svoboda M., Verheyen K., von Lüpke N., Zlatanov T. 2014. *European Mixed Forests: Definition and research perspectives*. Forest Systems, 23(3): 518-533.

<sup>25</sup> del Río M., Pretzsch H., Alberdi I., Bielak K., Bravo F., Brunner A., Condés S., Ducey M.J., Fonseca T., von Lüpke N., Pach M., Peric S., Perot T., Souidi Z., Spathelf P., Sterba H., Tijardovic M., Tomé M., Vallet P., Bravo-Oviedo A. 2016. *Characterization of the structure, dynamics, and productivity of mixed-species stands: review and perspectives*. Eur. J. Forest Res., 135(1): 23-49.

Efektom przeprowadzonych analiz drzewostanów, będących w większości w III klasie wieku i rosnących w 32 lokalizacjach na terenie występowania obu tych gatunków w Europie, była wspólna praca<sup>26</sup> autorstwa szerokiego gremium badaczy, w której wykazaliśmy, iż:

- w drzewostanach mieszanych średnia pierśnica i wysokość sosny była wyższa o 20% i 6% odpowiednio, podczas gdy w przypadku buka obie te wartości były niższe o 8%;
- drzewostany mieszane z bukiem i sosną charakteryzowały się wyższą zasobnością (o 12%), większym przyrostem pierśnicowego pola przekroju (o 12%) i miąższości (o 8%) oraz zagęszczeniem (o 20%) w porównaniu do średnich ważonych wartości tych cech w drzewostanach jednogatunkowych osobno z sosną i bukiem;
- widoczny dodatni efekt zmieszania w przypadku produktywności i zagęszczenia drzewostanów mieszanych niezależny był od bonitacji i warunków klimatycznych;
- celowe jest kształtowanie drzewostanów mieszanych złożonych z sosny i buka, które w sposób komplementarny korzystają z zasobów środowiska i zapewniają większą produktywność w szerokim gradiencie siedliskowym.

Hodowla lasów wielogatunkowych o różnym stopniu zmieszania gatunków jest zadaniem często trudnym, wymagającym m.in. doboru odpowiednich gatunków drzew, zarówno gatunków współpanujących jak i domieszkowych, oraz ustalenia ich właściwego udziału w składzie drzewostanu. Wśród gatunków domieszkowych, mogących mieć zastosowanie w drzewostanach górskich i podgórskich, można wymienić jawora (*Acer pseudoplatanus* L.), lipę drobnolistną (*Tilia cordata* Mill.) oraz sosnę pospolitą (*Pinus sylvestris* L.). Na podstawie wspólnych badań<sup>27,28</sup> dotyczących występowania tych trzech gatunków w naturalnych i zagospodarowanych lasach karpaccich, przeprowadzonych przez zespół pracowników Zakładu Szczegółowej Hodowli Lasu UR w Krakowie, można stwierdzić, iż domieszki te mogą stanowić cenny składnik drzewostanów występujących w Karpatach, zwiększający nie tylko ich produktywność, ale również różnorodność biologiczną, co przyczyni się do rozproszenia ryzyka hodowlanego tak bardzo istotnego w przypadku zmieniających się warunków środowiska. Aby umożliwić wprowadzenie i utrzymanie jaworu i lipy w drzewostanie należałoby stosować bardziej elastyczne i złożone metody odnawiania drzewostanów, do których należy, niewątpliwie, rębnia stopniowa gniazdowa udoskonalona. W przypadku sosny jej tzw. „górska” odmiana jest szczególnie predestynowana do wzrostu w warunkach wysokich położen górskich, natomiast odmiana „podgórska” może być stosowana z powodzeniem jako gatunek przedplonowy na

<sup>26</sup> Pretzsch H., del Río M., Ammer Ch., Avdagic A., Barbeito I., Bielak K., Brazaitis G., Coll L., Dirnberger G., Drössler L., Fabrika M., Forrester D. I., Godvod K., Heym M., Hurt V., Kurylyak V., Löff M., Lombardi F., Matović B., Mohren F., Motta R., den Ouden J., Pach M., Ponette Q., Schütze G., Schweig J., Skrzyszewski J., Sramek V., Sterba H., Stojanović D., Svoboda M., Vanhellefont M., Verheyen K., Wellhausen K., Zlatanov T., Bravo-Oviedo A. 2015. *Growth and yield of mixed versus pure stands of Scots pine (Pinus sylvestris L.) and European beech (Fagus sylvatica L.) analysed along a productivity gradient through Europe*. Eur. J. Forest Res., 134(5): 927-947.

<sup>27</sup> Pach M., Jaworski A., Kołodziej Zb., Bartkiewicz L. 2007. *Little-leaf linden (Tilia cordata Mill.) and sycamore-European beech (Acer pseudoplatanus L. - Fagus sylvatica L.) primeval and natural forests as reference stands for forest management in changing environmental conditions*. [w:] M. Saniga, P. Jaloviar, S. Kucbel (red.): Management of forest in changing environmental conditions. Uniwersytet Techniczny w Zvoleniu, 329-335.

<sup>28</sup> Pach M., Jaworski A., Skrzyszewski J. 2013. *Acer pseudoplatanus L., Tilia cordata Mill. and Pinus sylvestris L. as valuable tree species in the Carpathian forests*. [w:] J. Kozak et al. (red.), The Carpathians: Integrating Nature and Society Towards Sustainability, Environmental Science and Engineering. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 285-300.

powierzchniach otwartych powstałych w wyniku zaburzeń lub w trakcie zalesień gruntów porolnych.

W celu sprecyzowania prawidłowego udziału gatunków w drzewostanie konieczna jest znajomość interakcji zachodzących pomiędzy dobieranymi gatunkami, które czasem nie pozostają obojętne na ich wzrost i rozwój oraz mogą mieć wpływ na podstawowe cechy taksacyjne takich drzewostanów. W tym nurcie powstała moja rozprawa, będąca opisywanym dokładniej w punkcie 4 osiągnięciem naukowym, oraz dwie publikacje<sup>29,30</sup> dotyczące procesów zachodzących również w drzewostanach jodłowych z udziałem gatunków domieszkowych bądź współpanujących. Najważniejsze rezultaty pierwszej pracy<sup>29</sup>, będącej realizacją otrzymanego w 2008 roku stypendium naukowego Rektora Akademii Rolniczej w Krakowie na badania pod tytułem „*Ocena wpływu gatunków domieszkowych (buk, świerk i jawor) na produktywność drzewostanów jodłowych w Karpackiej Krainie Przyrodniczo-Leśnej*” i opartej na analizie opisów drzewostanów jodłowych rosnących na obszarze Karpackiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej zawartych w systemie SILP, można przedstawić następująco:

- udział gatunków domieszkowych w drzewostanie jodłowym nie miał wpływu na wzrost wysokości jodły;
- zwiększony wzrost pierśnicy jodły z wiekiem wystąpił w przypadku obecności w drzewostanie osobno świerka i buka (do 20%) oraz jaworu (do 10%) na siedlisku lasu górskiego a także równoczesnym współudziałem buka i świerka (odpowiednio: 20% - 20%, 40% - 10%, 10% - 30%, 10% - 40%, 20% - 10%) na siedlisku lasu mieszanego górskiego;
- na siedlisku lasu górskiego zasobność litych drzewostanów jodłowych przewyższa wartości osiągane w drzewostanach z domieszkami, co potwierdza fakt, iż jodła na tym siedlisku jest najbardziej produktywnym gatunkiem lasotwórczym występującym w Polsce;
- na siedlisku mniej żyznym, lasu mieszanego górskiego, udział świerka w wysokości 10%, 30% i 40% oraz równoczesny udział świerka (20%, 30%, 40%) i buka (10%, 20%) wpłynęła na zwiększenie zasobności drzewostanu.

Druga publikacja<sup>30</sup> dotyczyła oceny wpływu drzew, uznanych za konkurencyjne w stosunku do analizowanej jodły, na przyrost jej pierśnicowego pola przekroju z zastosowaniem retrospektywnego dynamicznego wskaźnika konkurencji w dwóch wybranych drzewostanach nadleśnictwa Węgierska Górka (RDLP Katowice). Badania te uwidocznily związek wartości tego wskaźnika z presją konkurencyjną otoczenia. W obu drzewostanach wzrost wielkości sumy pierśnicowego pola przekroju wszystkich drzew sąsiednich badanych jodeł w zasięgach konkurencji do 2, 3, 4 i 5 m przyczynił się do wzrostu wartości wskaźnika konkurencji, wyrażającego presję konkurencyjną. Wśród analizowanych cech drzew konkurencyjnych istotne znaczenia miał średni promień korony buków rosnących w odległości do 4, 5 i 6 m od jodły centralnej, którego wzrost skutkował

<sup>29</sup> Pach M. 2010. *Wpływ gatunków domieszkowych i współpanujących na wysokość i pierśnicę jodły (Abies alba Mill.) oraz zasobność drzewostanów jodłowych w Karpackiej Krainie Przyrodniczo-Leśnej*. *Leśne Prace Badawcze*, 71 (3): 257-266.

<sup>30</sup> Pach M., Soberka M. 2011. *Zastosowanie retrospektywnego dynamicznego wskaźnika konkurencji do oceny oddziaływania drzew sąsiednich na przyrost pierśnicowego pola przekroju jodły (Abies alba Mill.)*. *Leśne Prace Badawcze*, 72(4): 357-366.

zwiększeniem wartości retrospektywnego wskaźnika konkurencji, a tym samym presji konkurencyjnej. W konkluzji należy stwierdzić, iż retrospektywny dynamiczny wskaźnik konkurencji jest przydatnym narzędziem do oceny oddziaływań pomiędzy drzewami, szczególnie z uwzględnieniem czynnika czasu.

Z hodowlą lasów mieszanych związana jest problematyka przebudowy drzewostanów, często jednogatunkowych i wzrastających na nieodpowiednich siedliskach, na takie, które cechują się składem gatunkowym dopasowanym do warunków siedliskowych i niejednokrotnie wzbogaconym o gatunki domieszkowe. Często spotykanym procesem zachodzącym w drzewostanach sosnowych na siedliskach mezotroficznym jest spontaniczne zoochoryczne odnawianie się dębu pod okapem sosny, które może być wykorzystane w procesie ich przebudowy. Jednakże jakość (liczne skrzywienia pnia) tak powstałego odnowienia dębowego (dolnego piętra) jest niejednokrotnie wątpliwa, niepozwalająca na włączenie go w skład przyszłego drzewostanu. Zachodzi więc pytanie – jakie czynniki mają decydujący wpływ na powstawanie skrzywień na pniu u dębów wzrastających w dolnym piętrze drzewostanu sosnowego? Odpowiedzi na to pytanie szukaliśmy, razem z dr. hab. inż. Jerzym Skrzyszewskim, analizując drzewostany sosnowe z dolnym piętrzem dębowym na terenie Puszczy Niepołomickiej (RDLP Kraków). W wyniku naszych badań<sup>31</sup> można stwierdzić, że:

- czynniki powodujące skrzywienia pnia u dębów tzw. „prostych” (akceptowalne skrzywienia) oraz krzywych (skrzywienia eliminujące dęby z dalszej hodowli) były te same, natomiast wielkość reakcji dębów była różna;
- skrzywienia pnia kształtowały się w latach, kiedy warunki panujące w drzewostanie stymulowały ponadprzeciętny przyrost wysokości;
- najwięcej trwałych skrzywień pnia powstało w okresie kulminacji przyrostu wysokości;
- pierwsze 20 lat życia dębów pod osłoną sosny jest kluczowe z punktu widzenia formowania się skrzywień na pniu i w tym czasie powinna być zapewniona odpowiednia intensywność i równomierność warunków świetlnych wewnątrz drzewostanu sosnowego;
- ze względu na jakość pnia, tylko dęby wzrastające pod okapem sosnowym nie dłużej niż 20 lat mogą być włączone do składu przyszłego przebudowanego drzewostanu.

Kolejnym obszarem studiów, będącym na pograniczu tematyki związanej z hodowlą lasów mieszanych oraz budową, strukturą i dynamiką lasów o charakterze pierwotnym, jest problematyka zróżnicowania strukturalnego, wyrażającego się rozkładem pierśnic, mieszanych drzewostanów zagospodarowanych i naturalnych, lub wręcz o charakterze pierwotnym. Zagadnienie to było myślą przewodnią podjętych przeze mnie wraz z dr. hab. inż. Rafałem Podlaskim, prof. UJK w Kielcach badań w drzewostanach złożonych z jodły i buka, których głównym celem było porównanie zróżnicowania rozkładów pierśnic w analizowanych drzewostanach oraz ocena przydatności pojedynczego i mieszanego rozkładu Weibulla oraz gamma do aproksymacji empirycznych rozkładów pierśnic dla

---

<sup>31</sup> Skrzyszewski J., Pach M. 2015. *Crookedness of pedunculate oak (Quercus robur L.) growing under a canopy of Scots pine (Pinus sylvestris L.)*. Scand. J. Forest Res., 30(8): 688-698.

wyróżnionych modeli struktury grubości. Rezultatem tych analiz<sup>32,33,34</sup> są następujące najważniejsze konstatacje:

- pojęcie „bioróżnorodność” powinno być utożsamiane nie tylko ze zróżnicowaniem gatunkowym w ekosystemie leśnym, ale również ze zróżnicowaniem strukturalnym;
- zróżnicowanie strukturalne pierśnic jest bardziej złożone w drzewostanach wyłączonych spod gospodarki leśnej niż w gospodarczych;
- w drzewostanach jednopiętrowych zdecydowanie dominowały rozkłady jedno-modalne, asymetryczne, w większości przypadków wyraźnie różniące się od rozkładu normalnego;
- w drzewostanach dwu- i wielopiętrowych wyodrębniono dwa rozkłady malejące, silnie asymetryczne (rozkład obrócony sigmoidalny, odwrócony J-kształtny) oraz dwa rozkłady w początkowej fazie rosnące, a końcowej fazie malejące, posiadające dwa maksima (modele bimodalne M-kształtne);
- w lasach gospodarczych z jodłą i bukiem, a więc gatunkami cienioznośnymi, powinno się kształtować nie tylko proste rozkłady zbliżone do normalnego, ale również bardziej złożone struktury grubości (rozkład obrócony sigmoidalny, bimodalny, odwrócony J-kształtny);
- do analiz zróżnicowania wyodrębnionych rozkładów pierśnic szczególnie przydatnym narzędziem jest mieszany model z funkcją Weibulla i gamma.

#### **5.4. Staże naukowe**

W okresie 28.09 - 20.12.1993 roku przebywałem na stypendium Fundacji Marchalla (The German Marshall Fund of the United States) w Parku Narodowym Grand Canyon w stanie Arizona, USA. W trakcie mojego pobytu na terenie Parku aktywnie uczestniczyłem w pracach naukowo-badawczych prowadzonych w Dziale Zarządzania Zasobami Naturalnymi (Resources Management) oraz w Dziale Pożarowym (Fire Office). W pierwszym z nich brałem udział w projekcie dotyczącym oszacowania wpływu ozonu na żywotność sosny żółtej (*Pinus ponderosa* Dougl.), natomiast w drugim zaangażowany byłem w programie stosowania pożarów jako zabiegu hodowlanego w lasach i ich wpływu na ekosystemy leśne.

Z racji pełnionych funkcji, jako członek Komitetu Zarządzającego (MC Member) oraz przewodniczący Grupy Roboczej nr 2 (WG2 Leader), brałem aktywny udział w międzynarodowych spotkaniach w ramach sieci COST FP1206 "EuMIXFOR" we Włoszech (2013, 2015), Hiszpanii (2013, 2016), Szwecji (2014, 2016), Słowenii (2014) i Rumunii (2015), podczas których przeprowadzana była analiza dotychczasowych efektów funkcjonowania sieci oraz wytyczane były kolejne kierunki działalności.

<sup>32</sup> Pach M., Podlaski R. 2015. *Tree diameter structural diversity in Central European forests with Abies alba and Fagus sylvatica: managed versus unmanaged forest stands*. Ecol. Res., 30 (2): 367-384.

<sup>33</sup> Podlaski R., Pach M. 2015. *Modele struktury grubości w jednopiętrowych drzewostanach z udziałem jodły Abies alba Mill. i buka Fagus sylvatica L.* Sylwan, 159(7): 586-592

<sup>34</sup> Pach M., Podlaski R. 2015. *Modele struktury grubości w dwu- i wielopiętrowych drzewostanach z udziałem jodły Abies alba Mil. i buka Fagus sylvatica L.* Sylwan, 159(8): 632-638.



### **5.5. Podsumowanie aktywności naukowo-badawczej:**

Na osiągnięcia w pracy naukowo-badawczej składa się 37 samodzielnych lub współautorskich prac, z czego 11 ukazało się w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports tj. *European Journal of Forest Research*, *Scandinavian Journal of Forest Research*, *Ecological Research* i *Sylvan*. Pozostałe prace opublikowane zostały w czasopismach: *Acta Agraria et Silvestria series Silvestris*, *Roczniki Bieszczadzkie* oraz *Leśne Prace Badawcze*. Łączna suma punktów MNIŚW za publikacje wynosi **348**, a sumaryczny Impact Factor osiągnął wartość **11,465**. Brałem aktywny udział w 10 międzynarodowych i 2 krajowych konferencjach naukowych, na których, w większości przypadków, wygłaszałem referaty lub byłem współautorem prezentacji lub posterów. Uczestniczyłem w sześciu projektach badawczych jako wykonawca lub główny wykonawca, zleconych przez KBN oraz PGL Lasy Państwowe. Wykonałem 12 recenzji artykułów dla czasopism polskich i zagranicznych, w tym 2 recenzje dla czasopism znajdujących się w bazie JCR. Na zlecenie Slovak Research and Development Agency recenzowałem 4 projekty badawcze. Jestem członkiem Rady Redakcyjnej czasopisma Reports of Forestry Research wydawanego przez Forestry and Game Management Research Institute w Czechach.

Liczba publikacji naukowych ogółem: **37**

przed doktoratem: **4**

po doktoracie: **33**

Liczba prac w czasopismach z listy JCR posiadające IF w roku opublikowania: **11**

przed doktoratem: **0**

po doktoracie: **11**

Liczba prac w czasopismach z listy JCR nieposiadających IF w roku opublikowania: **6**

przed doktoratem: **1**

po doktoracie: **5**

Liczba prac w czasopismach nieujętych w bazie JCR: **12**

przed doktoratem: **3**

po doktoracie: **9**

Liczba pozostałych prac: **8**

przed doktoratem: **0**

po doktoracie: **8**

Sumaryczny Impact Factor publikacji zgodnie z rokiem opublikowania: **11,465**

przed doktoratem: **0**

po doktoracie: **11,465**

Suma punktów MNIŚW zgodnie z rokiem opublikowania: **348**

przed doktoratem: **12**

po doktoracie: **336**

Liczba publikacji samodzielnych: **9**

Liczba publikacji współautorskich (2 autorów): **10**

Liczba publikacji współautorskich (3 i więcej autorów): **18**

Liczba cytowań wg. bazy Web of Science (na dzień 20.04.2016): **21** (16 bez autocytowań)

Indeks Hirscha wg. bazy Web of Science (na dzień 20.04.2016): **2**

Szczegółowy wykaz prac naukowo-badawczych zamieszczony jest w załączniku nr 5.

## 6. Charakterystyka dorobku w zakresie działalności dydaktycznej

Od początku mojej pracy na Wydziale Leśnym AR/UR w Krakowie byłem zaangażowany w proces dydaktyczny Katedry/Zakładu Szczegółowej Hodowli Lasu, prowadząc ćwiczenia kameralne i terenowe dla studentów I i II stopnia studiów stacjonarnych i niestacjonarnych na kierunku Leśnictwo. Opracowałem autorski program kursu (elektywu) w języku angielskim „The Outline of Applied Silviculture in North America”, który jest chętnie wybierany przez studentów Wydziału Leśnego, nieprzerwanie od 2005. Kilukrotnie prowadziłem wykłady na studiach podyplomowych organizowanych na Uniwersytecie Rolniczym (nie tylko na Wydziale Leśnym) oraz ćwiczenia z przedmiotu „Podstawy produkcji leśnej” na studiach stacjonarnych na Wydziale Inżynierii Produkcji i Energetyki AR w Krakowie. W latach 2008-2010 byłem koordynatorem przedmiotu "Hodowla Lasu" na studiach niestacjonarnych I-go stopnia na kierunku Leśnictwo, w ramach którego prowadziłem wykłady (w tym opracowałem nowy 20-godzinny cykl wykładów), ćwiczenia kameralne i terenowe. Wielokrotnie prowadziłem zajęcia w języku angielskim w ramach kursu „The Outline of Applied Silviculture in North America” i "Close-to-nature Silviculture" dla studentów zagranicznych z Austrii, Francji, Hiszpanii i Węgier w ramach programów ERASMUS i ERASMUS+. Dodatkowo w roku 2013 byłem opiekunem pracy magisterskiej studentki Deirdre Molinero z Technical University of Madrid, Hiszpania, która wykonała pracę dyplomową w języku angielskim pt.: „Structure and Dynamics of Primeval Type Forest in ‘Śrubita’ reserve, Beskid Żywiecki Mts.” W latach 2011-2013 uczestniczyłem jako wykładowca w intensywnym kursie w ramach programu ERASMUS IP pod tytułem „Socio-economic Challenges for European Forestry” finansowanym ze środków UE i zorganizowanym, łącznie w trzech edycjach, na Uniwersytecie Nauk Stosowanych w Rovaniemi (Finlandia) w okresie 3-16.04.2011, na Uniwersytecie Mendla w Brnie (Czechy) w okresie 16-27.04.2012 oraz na Wydziale Leśnym Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie w okresie 15-26.04.2013 dla studentów z sześciu uczelni europejskich (Czechy, Finlandia, Polska, Szkocja, Szwecja). W okresie 18-23.05.2009 przebywałem na Uniwersytecie Georg-August-Universität, Göttingen, Niemcy, gdzie przeprowadziłem zajęcia dla studentów leśnictwa w ramach programu ERASMUS. Od 2015 pełnię funkcję koordynatora przedmiotu „Hodowla Lasu” na studiach niestacjonarnych I-go stopnia, w ramach którego prowadzę wykłady, ćwiczenia kameralne i terenowe. Dotychczas byłem promotorem 20 prac dyplomowych studentów Wydziału Leśnego, w tym 13 prac magisterskich i 7 prac inżynierskich. Wymiar prowadzonych przeze mnie zajęć w ciągu całej mojej pracy zawsze przekraczał obowiązujące pensum, od kilku do ok. 120 godzin. W latach 90. wielokrotnie przeprowadzałem szkolenia na zlecenie Regionalnych Dyrekcji Lasów Państwowych w Krośnie i Katowicach dla pracowników służby leśnej z zakresu odnawianie lasu, zalesienia i pielęgnacja upraw w aspekcie ekologicznym.

Dwukrotnie (2013, 2014) otrzymałem Nagrodę Zespołową III stopnia Rektora Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie za wybitne osiągnięcia dydaktyczne.

Szczegółowy wykaz osiągnięć dydaktycznych zamieszczony jest w załączniku nr 8.

## 7. Charakterystyka dorobku w zakresie działalności organizacyjnej

W ramach mojej aktywności zawodowej na Wydziale Leśnym UR w Krakowie czynnie włączałem się w różnorodne prace organizacyjne na rzecz społeczności akademickiej. Do najważniejszych można zaliczyć członkostwo w Radzie Wydziału jako przedstawiciel grupy zawodowej asystentów i doktorów oraz w wielu komisjach wydziałowych. Szczególnie pragnę podkreślić moją aktywność w pracach Wydziałowej Komisji ds. Dydaktycznych i Studenckich, do grona której należę niemalże nieprzerwanie od 1999 roku, za wyjątkiem okresu 2002-2005. W ramach tej Komisji pełnię funkcję Wydziałowego Pełnomocnika ds. Jakości Kształcenia oraz jestem przewodniczącym Zespołu Zapewnienia Jakości Kształcenia na kierunku Leśnictwo na Wydziale Leśnym w Krakowie. W zakres moich obowiązków wchodzi inicjowanie procesu ankietyzacji studentów, generowanie wyników ankiet oraz sporządzanie raportów i sprawozdań na podstawie wyników ankiet przedmiotowych wypełnianych przez studentów po każdym semestrze w systemie USOS (Uniwersytecki System Obsługi Studiów). W latach 2005-2012 pełniłem funkcję przewodniczącego Zespołu ds. Witryny Internetowej Wydziału Leśnego. W 2013 byłem głównym organizatorem (oraz wykładowcą) z ramienia Wydziału Leśnego intensywnego międzynarodowego kursu w ramach programu ERASMUS IP pod tytułem „*Socio-economic Challenges in European Forestry*”, który odbył się w Krakowie w dniach 15-26.04.2013 w ramach konsorcjum uczelni wyższych z Finlandii, Szwecji, Szkocji, Czech i Polski. Od 2013 roku jestem członkiem Komitetu Zarządzającego (Management Committee Member) akcji COST Action FP1206: European mixed forests. Integrating Scientific Knowledge in Sustainable Forest Management (EuMIXFOR) - European Cooperation in Science and Technology, a od kwietnia 2015 pełnię funkcję przewodniczącego zespołu roboczego nr 2 (Working Group 2) „Adaptive Management of Mixed Forests”, w ramach której koordynuję aktywność ok. 60 członków należących do tej grupy roboczej. W marcu 2016 zostałem nominowany jako członek Komitetu Zarządzającego (Management Committee Member) sieci COST Action CA 15226 „Climate-Smart Forestry in Mountain Regions (CLIMO)”.

Poza działalnością organizacyjną na uczelni w latach 2010-2013 brałem również udział jako ekspert w pracach Komisji Stypendialnej w Zespole do Spraw Środowiska w ramach projektu „Doctus – Małopolski fundusz stypendialny dla doktorantów” do oceny merytorycznej wniosków o przyznanie stypendiów w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki 2007 – 2013 (Priorytet VIII regionalne kadry gospodarki, Działanie 8.2 Transfer Wiedzy, Poddziałania 8.2.2. Regionalne Strategie Innowacji). Dodatkowo w latach 2012-2015 byłem wpisany jako ekspert do Bazy Ekspertów Małopolskiego Regionalnego Programu Operacyjnego na lata 2007-2013 na podstawie Uchwały nr 395/12 Zarządu Województwa Małopolskiego z dnia 5 kwietnia 2012 r.

Szczegółowy wykaz osiągnięć organizacyjnych zamieszczony jest w załączniku nr 8.

Kraków 20.04.2016

Podpis Wnioskodawcy